



**Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya**



TEMPERATUR DAN PANAS

Oleh : Aulia Siti Aisjah
Tutug Dhanardono

Pengantar

Materi

Contoh Soal

Ringkasan

Latihan

Asesmen

Termometer

Pemuaian

Kalor/Panas

KALORIMETRI DAN KALORIMETER

PERUBAHAN FASE DAN PANAS LATEN

PERPINDAHAN PANAS KONDUKSI

PERPINDAHAN PANAS KONVEKSI

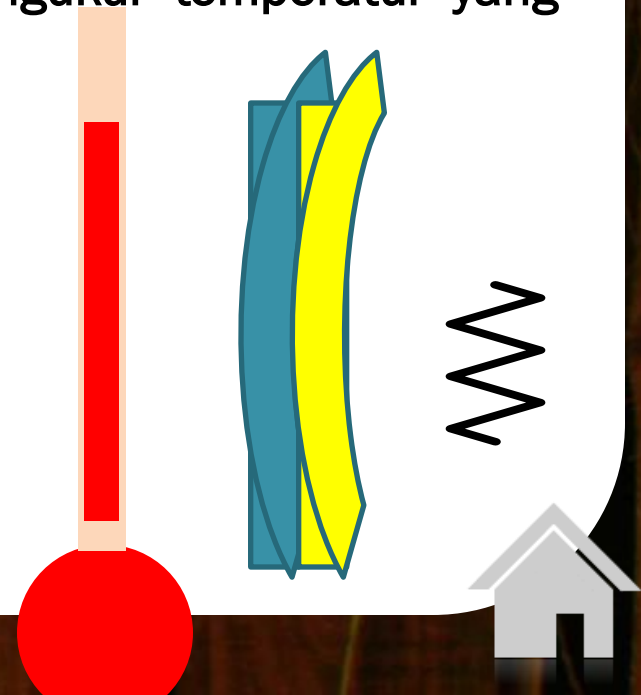
PERPINDAHAN PANAS RADIASI

TEMPERATUR atau SUHU

- Besaran fisis yang menentukan besar kecil ukuran panas suatu benda secara relatif disebut temperatur atau suhu .
- Beberapa sifat benda akan mengalami perubahan dengan adanya perubahan temperatur, misalnya memuai.
- Dengan sifat itulah dapat dibuat alat pengukur temperatur yang disebut Termometer.

Macam-macam Termometer :

- Cairan di dalam gelas
- Logam bimetal, termostat
- Hambatan listrik, termokopel, termistor



SKALA TEMPERATUR

- Celcius (centigrade) : $^{\circ}\text{C}$ (t)
- Fahrenheit : $^{\circ}\text{F}$ (t)
- Kelvin : K (T) (temperatur mutlak)

K	$^{\circ}\text{C}$	$^{\circ}\text{F}$	Untuk Keadaan
273	0	32	Air membeku
373	100	212	Air menguap

Kelvin	273 - 373	100 skala/garis
Celcius	0 - 100	100 skala/garis/derajad
Fahrenheit	0 - 180	180 skala/garis/derajad



HUBUNGAN ANTARA SKALA TERMOMETER

- $t^{\circ}\text{R} = 9/5 T$
- $t^{\circ}\text{F} = t^{\circ}\text{R} - 459,67 = t^{\circ}\text{R} - 460$
- $t^{\circ}\text{F} = 9/5 t^{\circ}\text{C} + 32$
- $T \text{ K} = t^{\circ}\text{C} + 273$
- $t^{\circ}\text{R} = 9/5 T = 9/5 (t^{\circ}\text{C} + 273)$



Kriteria	kelvin	Celsius	Fahrenheit	Rankine	Delisle	Newton	Réaumur	Rømer
Nol absolut	0 K	-273,15 °C	-459,67 °F	0 °Ra	559,73 °De	-90,14 °N	-218,52 °Ré	-135,9 °Rø
Titik beku air	273,15 K	0 °C	32 °F	491,67 °Ra	150 °De	0 °N	0 °Ré	7,5 °Rø
Suhu badan manusia	310,15 K	37 °C	98,6 °F	558,27 °Ra	94,5 °De	12,21 °N	29,6 °Ré	26,93 °Rø
Titik didih air	373,15 K	100 °C	212 °F	671,67 °Ra	0 °De	33 °N	80 °Ré	60 °Rø

Dari kelvin [\[sunting | sunting sumber \]](#)

Skala yang diinginkan	Formula
Celsius	$^{\circ}\text{C} = \text{K} - 273,15$
Fahrenheit	$^{\circ}\text{F} = \text{K} \times 1,8 - 459,67$
Rankine	$^{\circ}\text{Ra} = \text{K} \times 1,8$
Delisle	$^{\circ}\text{De} = (373,15 - \text{K}) \times 1,5$
Newton	$^{\circ}\text{N} = (\text{K} - 273,15) \times 33/100$
Réaumur	$^{\circ}\text{Ré} = (\text{K} - 273,15) \times 0,8$
Rømer	$^{\circ}\text{Rø} = (\text{K} - 273,15) \times 21/40 + 7,5$

Dari Celsius [\[sunting | sunting sumber \]](#)

Skala yang diinginkan	Formula
kelvin	$\text{K} = ^{\circ}\text{C} + 273,15$
Fahrenheit	$^{\circ}\text{F} = ^{\circ}\text{C} \times 1,8 + 32$
Rankine	$^{\circ}\text{Ra} = 1,8 \times (^{\circ}\text{C} + 491,67)$
Delisle	$^{\circ}\text{De} = (100 - ^{\circ}\text{C}) \times 1,5$
Newton	$^{\circ}\text{N} = ^{\circ}\text{C} \times 33/100$
Réaumur	$^{\circ}\text{Ré} = ^{\circ}\text{C} \times 0,8$
Rømer	$^{\circ}\text{Rø} = ^{\circ}\text{C} \times 21/40 + 7,5$



Dari Fahrenheit [[sunting](#) | [sunting sumber](#)]

Skala yang diinginkan	Formula
kelvin	$K = ({}^{\circ}\text{F} + 459,67) / 1,8$
Celsius	${}^{\circ}\text{C} = ({}^{\circ}\text{F} - 32) / 1,8$
Rankine	${}^{\circ}\text{Ra} = {}^{\circ}\text{F} + 459,67$
Delisle	${}^{\circ}\text{De} = (212 - {}^{\circ}\text{F}) \times 5/6$
Newton	${}^{\circ}\text{N} = ({}^{\circ}\text{F} - 32) \times 11/60$
Réaumur	${}^{\circ}\text{Ré} = ({}^{\circ}\text{F} - 32) / 2,25$
Rømer	${}^{\circ}\text{Rø} = ({}^{\circ}\text{F} - 32) \times 7/24 + 7,5$

Dari Delisle [[sunting](#) | [sunting sumber](#)]

Skala yang diinginkan	Formula
kelvin	$K = 373,15 - {}^{\circ}\text{De} \times 2/3$
Celsius	${}^{\circ}\text{C} = 100 - {}^{\circ}\text{De} \times 2/3$
Fahrenheit	${}^{\circ}\text{F} = 212 - {}^{\circ}\text{De} \times 1,2$
Rankine	${}^{\circ}\text{Ra} = 671,67 - {}^{\circ}\text{De} \times 1,2$
Newton	${}^{\circ}\text{N} = 33 - {}^{\circ}\text{De} \times 0,22$
Réaumur	${}^{\circ}\text{Ré} = 80 - {}^{\circ}\text{De} \times 8/15$
Rømer	${}^{\circ}\text{Rø} = 60 - {}^{\circ}\text{De} \times 0,35$

Dari Rankine [[sunting](#) | [sunting sumber](#)]

Skala yang diinginkan	Formula
kelvin	$K = {}^{\circ}\text{Ra} / 1,8$
Celsius	${}^{\circ}\text{C} = {}^{\circ}\text{Ra} / 1,8 + 273,15$
Fahrenheit	${}^{\circ}\text{F} = {}^{\circ}\text{Ra} - 459,67$
Delisle	${}^{\circ}\text{De} = (671,67 - {}^{\circ}\text{Ra}) \times 5/6$
Newton	${}^{\circ}\text{N} = ({}^{\circ}\text{Ra} - 491,67) \times 11/60$
Réaumur	${}^{\circ}\text{Ré} = ({}^{\circ}\text{Ra} / 1,8 + 273,15) \times 0,8$
Rømer	${}^{\circ}\text{Rø} = ({}^{\circ}\text{Ra} - 491,67) \times 7/24 + 7,5$

Dari Newton [[sunting](#) | [sunting sumber](#)]

Skala yang diinginkan	Formula
kelvin	$K = {}^{\circ}\text{N} \times 100/33 + 273,15$
Celsius	${}^{\circ}\text{C} = {}^{\circ}\text{N} \times 100/33$
Fahrenheit	${}^{\circ}\text{F} = {}^{\circ}\text{N} \times 60/11 + 32$
Rankine	${}^{\circ}\text{Ra} = {}^{\circ}\text{N} \times 60/11 + 491,67$
Delisle	${}^{\circ}\text{De} = (33 - {}^{\circ}\text{N}) \times 50/11$
Réaumur	${}^{\circ}\text{Ré} = {}^{\circ}\text{N} \times 80/33$
Rømer	${}^{\circ}\text{Rø} = {}^{\circ}\text{N} \times 35/22 + 7,5$

Dari Réaumur [[sunting](#) | [sunting sumber](#)]

Skala yang diinginkan	Formula
kelvin	$K = {}^{\circ}\text{Ré} / 0,8 + 273,15$
Celsius	${}^{\circ}\text{C} = {}^{\circ}\text{Ré} / 0,8$
Fahrenheit	${}^{\circ}\text{F} = {}^{\circ}\text{Ré} \times 2,25 + 32$
Rankine	${}^{\circ}\text{Ra} = {}^{\circ}\text{Ré} \times 2,25 + 491,67$
Delisle	${}^{\circ}\text{De} = (80 - {}^{\circ}\text{Ré}) \times 1,875$
Newton	${}^{\circ}\text{N} = {}^{\circ}\text{Ré} \times 33/80$
Rømer	${}^{\circ}\text{Rø} = {}^{\circ}\text{Ré} \times 21/32 + 7,5$

Dari Rømer [[sunting](#) | [sunting sumber](#)]

Skala yang diinginkan	Formula
kelvin	$K = ({}^{\circ}\text{Rø} - 7,5) \times 40/21 + 273,15$
Celsius	${}^{\circ}\text{C} = ({}^{\circ}\text{Rø} - 7,5) \times 40/21$
Fahrenheit	${}^{\circ}\text{F} = ({}^{\circ}\text{Rø} - 7,5) \times 24/7 + 32$
Rankine	${}^{\circ}\text{Ra} = ({}^{\circ}\text{Rø} - 7,5) \times 24/7 + 491,67$
Delisle	${}^{\circ}\text{De} = (60 - {}^{\circ}\text{Rø}) \times 20/7$
Newton	${}^{\circ}\text{N} = ({}^{\circ}\text{Rø} - 7,5) \times 22/35$
Réaumur	${}^{\circ}\text{Ré} = ({}^{\circ}\text{Rø} - 7,5) \times 32/21$



PEMUAIAN

Salah satu sifat zat pada umumnya adalah akan mengalami perubahan dimensi (panjang, luas, volume) bila zat tersebut mengalami perubahan temperatur. Dikatakan zat tersebut mengalami pemuaian



mengalami pemuaian panjang



mengalami pemuaian luas

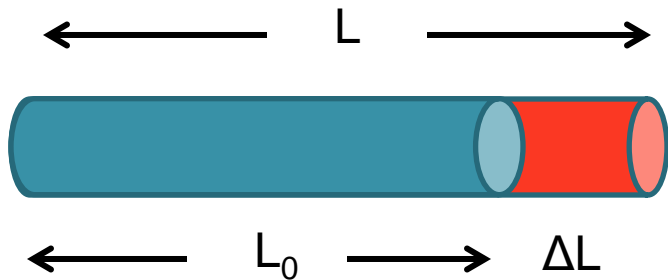


mengalami pemuaian volume



Pemuaian Panjang, luasan, volume

Didefinisikan koefisien muai panjang, α , sebagai perbandingan fraksional panjang, ΔL , dan perubahan suhu, Δt .



$$\alpha = \frac{\Delta L}{L_0 \Delta t}$$

$$\alpha \Delta t = \frac{\Delta L}{L_0}$$

$$L_0 \alpha \Delta t = \Delta L$$

$$L_0 \alpha (t_2 - t_1) = L - L_0$$

$$L = L_0 \{1 + \alpha (t_2 - t_1)\} \quad \text{Pemuaian panjang,}$$

$$A = A_0 \{1 + \beta (t_2 - t_1)\} \quad \text{Pemuaian luas, } \beta = 2\alpha, \text{ bila } \alpha \text{ homogen}$$

$$V = V_0 \{1 + \gamma (t_2 - t_1)\} \quad \text{Pemuaian volume, } \gamma = 3\alpha, \text{ bila } \alpha \text{ homogen}$$

L, A, V : panjang, luas, volume akhir

L_0, A_0, V_0 : panjang, luas, volume mula mula



Tabel VIII.1 Koefisien muai panjang.

Bahan	($^{\circ}\text{C}^{-1}$)
Aluminium	24×10^{-6}
Kuningan	20
Tembaga Merah	14
Gelas	4-9
Baja	12
Invar	0,9
Kwanta (leburan)	0,4
Seng	26

Tabel VIII.2 Koefisien muai volume.

Zat Cair	($^{\circ}\text{C}^{-1}$)
Alkohol	75×10^{-5}
Disulfide karbon	115
Gliserin	49
Raksa	18



KONSEP PANAS

Dua sistem A dan B yang berbeda suhunya, bila dihubungkan satu sama lain akan terjadi perubahan suhu sampai suhu keduanya sama besar (setimbang). Perihal perubahan suhu yang terjadi itu biasanya dikatakan bahwa pada peristiwa itu terjadi aliran panas atau perpindahan panas dari A ke B atau sebaliknya.

Jumlah energi yang berpindah dalam kurun waktu tertentu disebut kuantitas panas Q . Satuan kuantitas panas adalah kalori, yang didefinisikan sebagai :

“1 Kalori adalah jumlah panas yang diperlukan untuk menaikkan temperatur 1 gram air dengan 1°C dari temperatur $14,5^{\circ}\text{C}$ menjadi $15,5^{\circ}\text{C}$ pada tekanan 1 atm.”

Kalori diatas dikenal sebagai “kalori 15”.

Selain dinyatakan dalam kalori, satuan kuantitas panas dapat juga dinyatakan dalam Joule.

1 Kalori 15^o (atau 1 Kalori) = 4,186 Joule \approx 4,2 Joule

Dalam sistem satuan Inggris, satuan kuantitas panas dinyatakan dengan BTU (British Thermal Unit) yang mempunyai hubungan :

$$1 \text{ BTU} / \text{lbm}^{\circ}\text{F} = 1 \text{ Kal/gram}^{\circ}\text{C}$$

atau : $1 \text{ BTU} = 251,996 \text{ Kalori} \approx 252 \text{ Kalori}$



KAPASITAS PANAS

Jumlah panas yang diperlukan untuk menaikkan temperatur suatu benda dibagi dengan besar perubahan temperatur yang dicapai disebut kapasitas panas.

$$C = \frac{dQ}{dt} \dots\dots\dots(2.1)$$

Kapasitas panas jenis didefinisikan sebagai perbandingan panas dQ terhadap hasil kali massa m dan perubahan temperatur.

$$C_m = \frac{dQ}{m dt} \quad \frac{[\text{joule}]}{\text{Kgm.K}} \quad (\text{biasa ditulis } c, \quad C_m = c) \dots\dots\dots(2.2)$$

Untuk kapasitas panas jenis molekul dapat dituliskan :

$$C_n = \frac{dQ}{n dt} \quad \frac{[\text{joule}]}{\text{mole } ^\circ\text{K}} \quad n = \text{jumlah molekul) } \dots\dots\dots(2.3)$$



Berdasarkan persamaan (2.1), kuantitas panas Q yang harus diberikan kepada benda bermassa m untuk mengubah suhunya dari T_1 menjadi T_2 ialah

$$Q = m \int c \, dt \quad \dots\dots(2.4)$$

Kapasitas panas jenis tiap bahan berubah akibat suhu atau c merupakan fungsi T . Dalam daerah suhu dimana c dapat dianggap konstan, persamaan (2.4) menjadi :

$$Q = mc (T_2 - T_1) \quad \dots\dots(2.5)$$



PANAS LATEN

Pada peristiwa melebur atau meleleh, panas diserap atau dikeluarkan oleh benda yang mengalami perubahan fasa tersebut, demikian juga pada peristiwa mendidih, mengembun dan sublimasi.

Banyaknya panas persatuan massa benda pada waktu terjadi perubahan fasa disebut panas Laten (L).

Secara matematik ditulis :

$$Q = mL \quad \text{.....(2.6)}$$

dengan :

Q = panas yang diserap / dikeluarkan pada perubahan fasa

m = massa benda

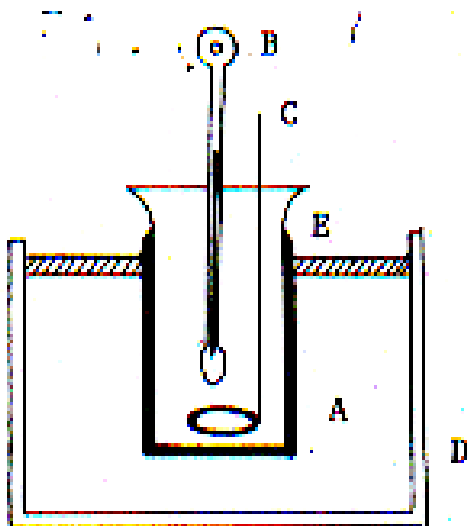
L = panas Laten



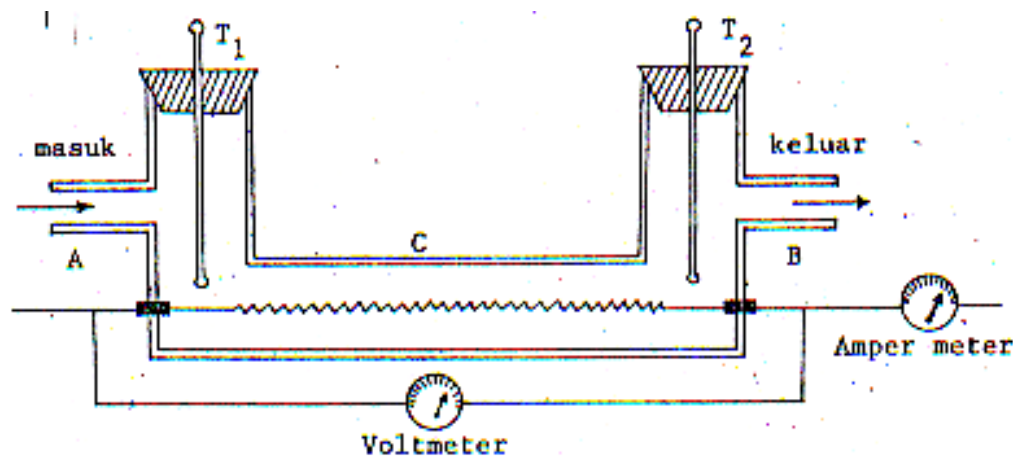
KALORIMETER

Kalorimeter adalah alat yang digunakan untuk menentukan besarnya kapasitas panas suatu zat.

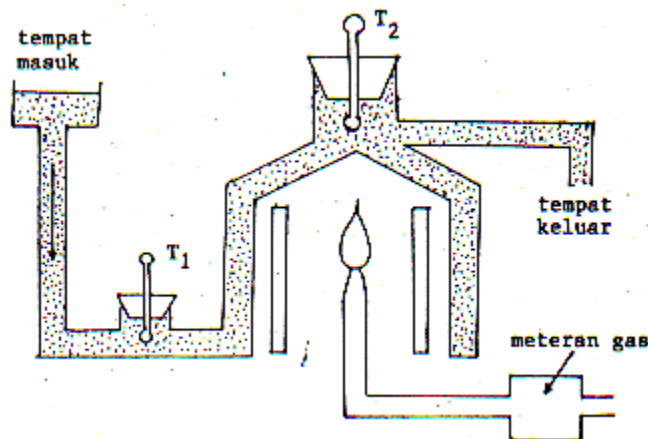
Macam kalorimeter :



Kalorimeter air berdinding ganda



Kalorimeter arus kontinyu



Kalorimeter bom



Cara kerja kalorimeter air berdinding ganda :

Massa kalorimeter , m_c ,panas jenis kalorimeter , c_c , dan massa air, m_a . telah diketahui

Sepotong bahan yang akan di cari panas jenisnya (yaitu c_b .) bertemperatur t_1 . bermassa m_b . dimasukkan ke dalam kalorimeter dan diaduk-aduk hingga temperatur air yang ditunjukkan termometer menjadi, misal t_2



Jika selama percobaan ini tidak ada panas yang hilang dari kalori meter, maka panas yang diberikan oleh potongan bahan waktu temperatur turun dari t_s menjadi t_2 sama dengan panas yang diterima oleh air dan bejana kalorimeter (azas black), jadi

$$m_b c_b (t_s - t_2) = m_a c_a (t_2 - t_1) + m_c c_c (t_2 - t_1) \dots\dots(2.7)$$

$m_c c_c$ dengan merupakan harga air dari kalorimeter, sedang panas jenis air dianggap 1. Dari persamaan diatas c_b dapat di hitung karena besaran-besaran lainnya sudah diketahui.



PERUBAHAN FASA

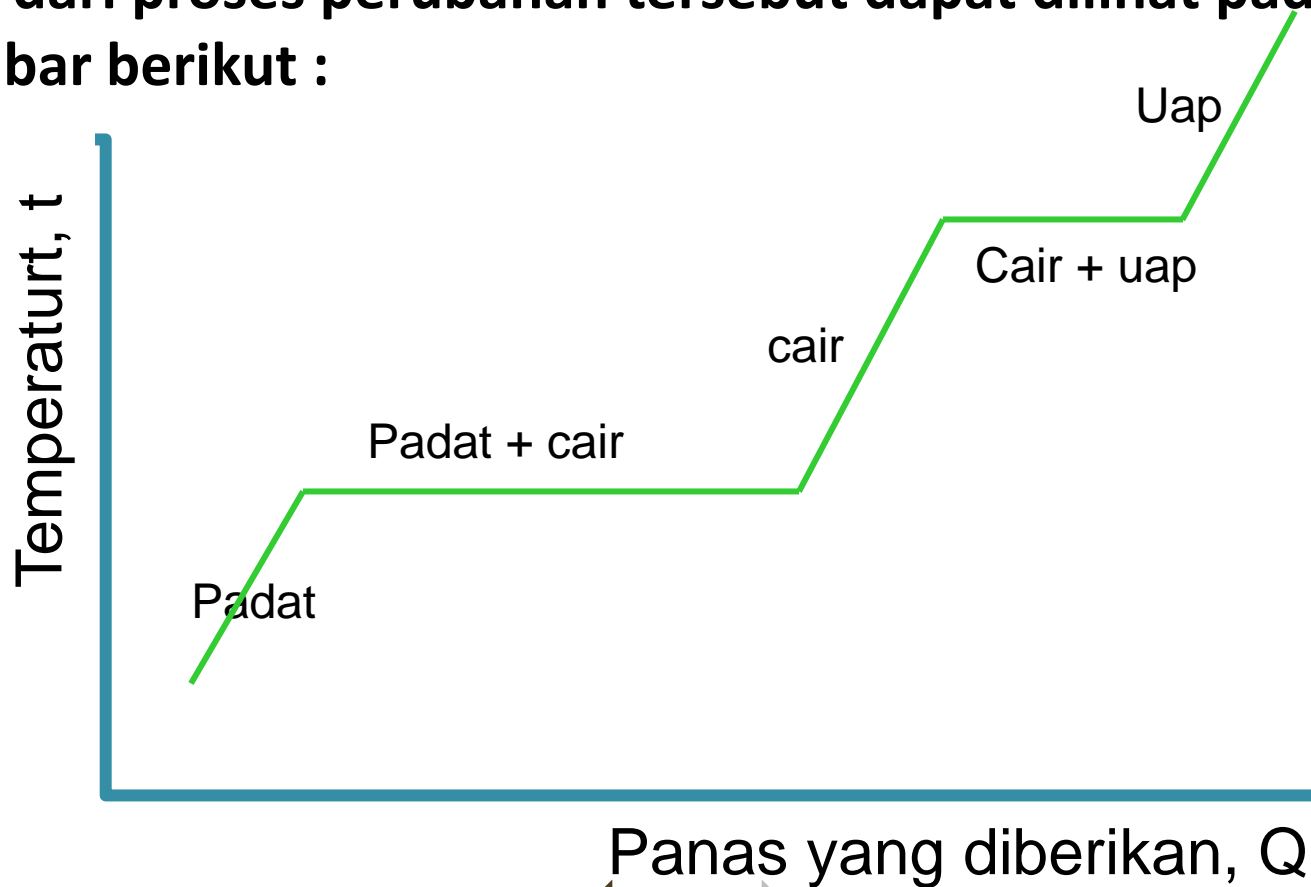
Keadaan suatu benda pada umumnya tergantung dari temperaturnya. Benda dapat berada dalam fasa padat, cair atau gas,

Bahan pada umumnya hanya berada pada fasa gas bila temperaturnya tinggi dan tekanan rendah.

Pada temperatur yang rendah dan tekanan yang tinggi, gas berubah ke fasa cair atau fasa padat.



Tinjau suatu benda dalam keadaan padat dengan suhu T_1 akan diubah menjadi bentuk gas dengan suhu T_2 . Diagram fasa dari proses perubahan tersebut dapat dilihat pada gambar berikut :



Contoh Soal

Titik lebur perak dalam skala Fahrenheit adalah 1760°F . Nyatakan titik lebur itu dalam $^{\circ}\text{C}$, K, dan $^{\circ}\text{R}$.

Penyelesaian :

$$t^{\circ}\text{F} = 9/5 t^{\circ}\text{C} + 32$$

$$1760 = 9/5 t + 32$$

$$9/5 t = 1728 \quad \text{atau}$$

$$t = \frac{5}{9} \times 1728 = 960^{\circ}\text{C}$$

$$t^{\circ}\text{C} = T - 273,15$$

$$T = t^{\circ}\text{C} + 273,15$$

$$= 960 + 273,15 = 1233,15 \text{ K}$$

$$t^{\circ}\text{F} = t^{\circ}\text{R} - 459,67$$

$$t^{\circ}\text{R} = t^{\circ}\text{F} + 459,67$$

$$= 1760 + 459,67 = 2219,67^{\circ}\text{R}$$



Contoh soal

Volume bola termometer air raksa dalam gelas pada 0°C adalah $0,15 \text{ cm}^3$, sedang luas penampang tabungnya 10^{-3} m^2 . Koefisien muai panjang gelas adalah $5 \cdot 10^{-6} (^{\circ}\text{C}^{-1})$, sedangkan koefisien muai ruang air raksa $0,182 \cdot 10^{-3} (^{\circ}\text{C}^{-1})$. Kalau pada 0°C air raksa tepat memenuhi seluruh bola, berapa tinggi kolom air raksa pada temperatur 100°C .

Penyelesaian :

Pada temperatur 100°C , volume Hg adalah :

$$\begin{aligned} V'_{\text{hg}} &= V^{\circ}_{\text{hg}} (1 + \gamma \Delta t) \\ &= 0,15 [1 + (0,182 \cdot 10^{-3}) \cdot 100] = 0,15273 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

Volume bola pada temperatur 100°C adalah :

$$\begin{aligned} V'_{\text{bola}} &= V^{\circ}_{\text{bola}} (1 + 3\alpha_{\text{gelas}} \Delta t) \\ &= 0,15 [1 + 3(5 \cdot 10^{-6}) \cdot 100] = 0,150225 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$



Volume Hg yang keluar dari bola adalah

$$V'_{\text{Hg}} - V'_{\text{bola}} = 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ cm}^3$$

Luas penampang tabung pada 100°C adalah :

$$\begin{aligned} A_{100} &= A_0 (1 + 2\Delta\alpha t) \\ &= 10^{-3} [1 + 2 \cdot 5 \cdot 10^{-6} \cdot 100] = 0,001 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Jadi tinggi kolom air raksa sekarang adalah :

$$h = \frac{V'_{\text{hg}} - V'_{\text{bola}}}{A_{100}} = \frac{2,5 \cdot 10^{-3}}{0,001} = 2,5 \text{ cm}$$



Contoh soal

Air dengan massa 100 gr. Berada pada temperatur 100 °C. kemudian kedalam air tersebut dimasukkan sebungkah es (massa 100 gr) dengan temperatur -40°C. bila dianggap tempat dimana air berada tidak ikut mengalami perubahan temperatur, berapakah masa es yang mencair ?. ($c_{es} = 0,5$ kal/gr°C, $c_{air} = 1$ kal/gr°C, Kalor lebur es = 80 kal/gr.)



Penyelesaian :

Andaikan temperatur akhir yang dicapai adalah 0°C .

Maka panas yang dikeluarkan oleh air adalah :

$$\begin{aligned} Q_1 &= m_{\text{air}} \cdot C_{\text{air}} \cdot \Delta t \\ &= 100 \cdot 1 \cdot (100 - 0) = 10.000 \text{ kalori} \end{aligned}$$

panas yang dibutuhkan es untuk menaikkan suhunya menjadi 0°C adalah

$$\begin{aligned} Q_2 &= m_{\text{es}} \cdot C_{\text{es}} \cdot \Delta t \\ &= 100 \cdot 0,5 \cdot [0 - (-40)] \\ &= 2000 \text{ kalori} \end{aligned}$$



Panas yang tersedia untuk mengubah phase es sebesar :

$$Q_1 - Q_2 = 10.000 - 2000 = 8.000 \text{ kalori}$$

Panas yang dibutuhkan untuk mencairkan es seluruhnya adalah :

$$m_{\text{es}} \times \text{k calor lebur} = 100.80 = 8.000 \text{ kalori.}$$

Karena panas yang tersedia dan yang dibutuhkan sama besar, berarti semua es mencair.



Perpindahan panas

- **Perpindahan panas konduksi** (molekul penghantar panas tidak berpindah tempat, energi panas berpindah dengan cara dirambatkan)
- **Perpindahan panas koveksi** molekul penghantar panas berpindah tempat, energi panas berpindah dengan cara dialirkan)
- **Perpindahan panas radiasi** (tidak perlu molekul penghantar, energi panas berpindah dengan cara dipancarkan)



Perpindahan panas konduksi



Gambar B2.1. : Perpindahan panas konduksi, arah dari T_2 ke T_1 ($T_2 > T_1$)

Sebuah bahan berbentuk batang berpenampang A dan panjang L . Masing-masing ujung batang tersebut adalah T_1 dan T_2 ($T_1 > T_2$), maka setiap saat akan terjadi perpindahan panas konduksi dari tempat T_1 ke tempat T_2 . (dari kiri ke kanan)



Didefinisikan arus panas H sebagai perbandingan antara panas yang berpindah persatuan waktu :

$$H = dQ/dt \quad \dots\dots\dots(2.8)$$

Didefinisikan konduktivitas panas k sebagai arus panas per gradien temperatur per luas penampang :

$$k = - H/(A dT/dx) \quad \dots\dots\dots(2.9)$$

dengan dT/dx disebut gradien temperatur.



Tanda negatif diberikan karena H adalah positif (panas berpindah dari kiri ke kanan), bila gradien temperatur adalah negatif, Sehingga,

$$H = -kA \frac{dT}{dx} \dots\dots\dots(2.10).$$

atau $H = kA(T_1 - T_2)/L \dots\dots\dots(2.11).$

dengan L = Panjang benda



Tabel B2.1 : Konduktivitas panas bermacam-macam bahan.

<i>NAMA ZAT</i>	$k = \text{Kcal/det.m.}^{\circ}\text{C}$	$k = \text{J/det.m.}^{\circ}\text{C}$
Tembaga	$9,2 \times 10^{-2}$	390
Timbal	$8,3 \times 10^{-3}$	35
Aluminium	$4,9 \times 10^{-2}$	200
Kuningan	$2,6 \times 10^{-2}$	110
Perak	$9,9 \times 10^{-2}$	410
Baja	$1,1 \times 10^{-2}$	46
Gelas (biasa)	$2,0 \times 10^{-4}$	$8,4 \times 10^{-1}$
Es	5×10^{-4}	2
Udara	$5,7 \times 10^{-6}$	$2,4 \times 10^{-2}$
Hidrogen	$3,3 \times 10^{-5}$	$1,4 \times 10^{-1}$
Oksigen	$5,6 \times 10^{-2}$	$2,3 \times 10^{-2}$
Kayu	$0,2-0,4 \times 10^{-4}$	$8-16 \times 10^{-4}$
Isolator fiberglass	$0,12 \times 10^{-4}$	$4,8 \times 10^{-2}$



PERPINDAHAN PANAS KONVEKSI

Suatu kasus umum yang sering terjadi adalah konveksi alami dari dinding atau pipa pada temperatur tetap dan dilingkungi oleh tekanan atmosfer dimana temperaturnya berbeda sebesar ΔT dengan dinding pipa.

- Bentuk matematik peristiwa konveksi ini sangat rumit, tidak semudah konduksi, karena panas yang hilang atau yang masuk dari suatu permukaan yang berhubungan dengan suatu fluida tergantung berbagai hal antara lain :
 - Bentuk permukaan : melengkung, horizontal, vertikal.
 - Jenis fluida yang berhubungan dengan permukaan gas atau cairan.



PERPINDAHAN PANAS KONVEKSI

- Karakteristik fluida : rapat massa, viskositas, panas jenis, konduktivitas panas.
- Kecepatan fluida :
 - Bila kecepatan cukup kecil akan menimbulkan aliran laminar.
 - Bila kecepatan cukup besar akan menimbulkan aliran turbulen.
- Keadaan fluida : Terjadi penguapan, pengembunan, pembentukan lapisan.



PERPINDAHAN PANAS KONVEKSI

Penghitungan arus panas biasanya menggunakan persamaan :

$$H = h A \Delta T$$

dengan

H : arus panas konveksi (panas yang diperoleh atau yang hilang karena konveksi oleh suatu permukaan per satuan waktu),

A : adalah luas permukaan, dan

ΔT : adalah perbedaan temperatur permukaan dan badan utama fluida (fluida dibawah permukaan),

h : adalah koefisien konveksi.



PERPINDAHAN PANAS KONVEKSI

Tabel : Koefisien konveksi alami di udara pada tekanan atmosfer.

PERALATAN	KOEFISIEN KONVEKSI, h, kal det ⁻¹ cm ⁻² (⁰ C) ⁻¹
Pelat horizontal, menghadap ke atas	$0,595 \times 10^{-4} (\Delta T)^{1/4}$
Pelat horizontal, menghadap ke bawah	$0,314 \times 10^{-4} (\Delta T)^{1/4}$
Pelat vertikal	$0,424 \times 10^{-4} (\Delta T)^{1/4}$
Pipa vertikal atau horizontal (diameter D)	$1,00 \times 10^{-4} (\Delta T/D)^{1/4}$



Contoh Soal

Sebuah dinding datar yang permukaannya mempunyai suhu konstan $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ dan udara sekelilingnya $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ tekanan 1 atm . Berapa panas yang hilang dari kedua permukaan dinding akibat konveksi alam ini untuk tiap 1 m^2 dalam 1 jam jika :

- Dinding itu letaknya vertikal
- Dinding itu letaknya horizontal

Penyelesaian :

$$1\text{ m}^2 = 10^4\text{ cm}^2$$

$$1\text{ jam} = 3600\text{ detik}$$

- Untuk dinding vertikal :

$$h = 0,424 \cdot 10^{-4} (100 - 20)^{1/4} = 1,268 \cdot 10^{-4}\text{ kal/det cm}^2\text{ }^{\circ}\text{C}$$

Arus panas dihitung dengan nilai koefisien konveksi $2x$, karena dinding mempunyai 2 permukaan



b. Untuk dinding horizontal :

➤ Untuk pelat horizontal menghadap ke atas :

$$h = 0,595 \cdot 10^{-4} (100 - 20)^{1/4} = 1,779 \cdot 10^{-4} \text{ kal/det cm}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$H = \frac{\text{jumlah panas}(Q)}{\text{waktu}(t)}$$

$$Q_1 = H \cdot t = hA (\Delta T) \cdot t = (1,779 \cdot 10^{-4}) \cdot (10^4) \cdot (100 - 20) \cdot (3600) \text{ kal}$$
$$= 51,235 \cdot 10^4 \text{ kal}$$



- Untuk pelat horizontal menghadap ke bawah :

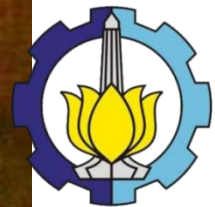
$$h = 0,314 \cdot 10^{-4} (100 - 20)^{1/4} = 0,939 \cdot 10^{-4} \text{ kal/det cm}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$H = \frac{\text{jumlah panas}(Q)}{\text{waktu}(t)}$$

$$Q_2 = H \cdot t = hA (\Delta T) \cdot t = (0,939 \cdot 10^{-4}) \cdot (10^4) \cdot (100 - 20) \cdot (3600) \text{ kal} \\ = 27,043 \cdot 10^4 \text{ kal}$$

Jadi Panas yang hilang untuk tiap 1 m² dalam 1 jam

$$Q = Q_1 + Q_2 = 78,278 \cdot 10^4 \text{ kal}$$



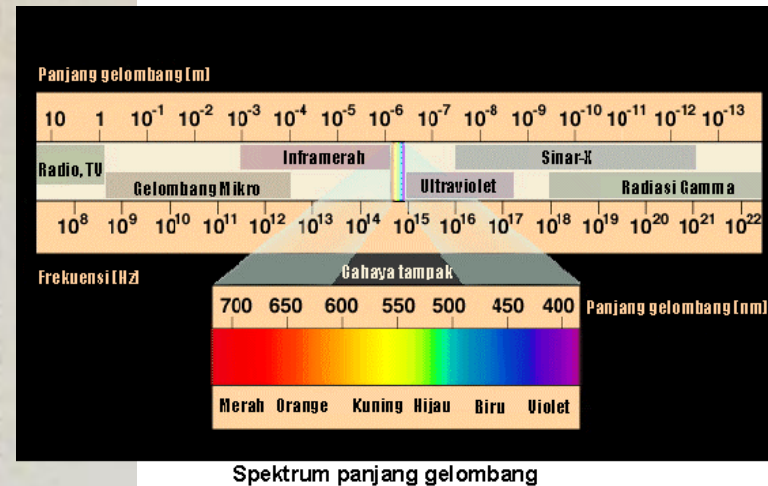
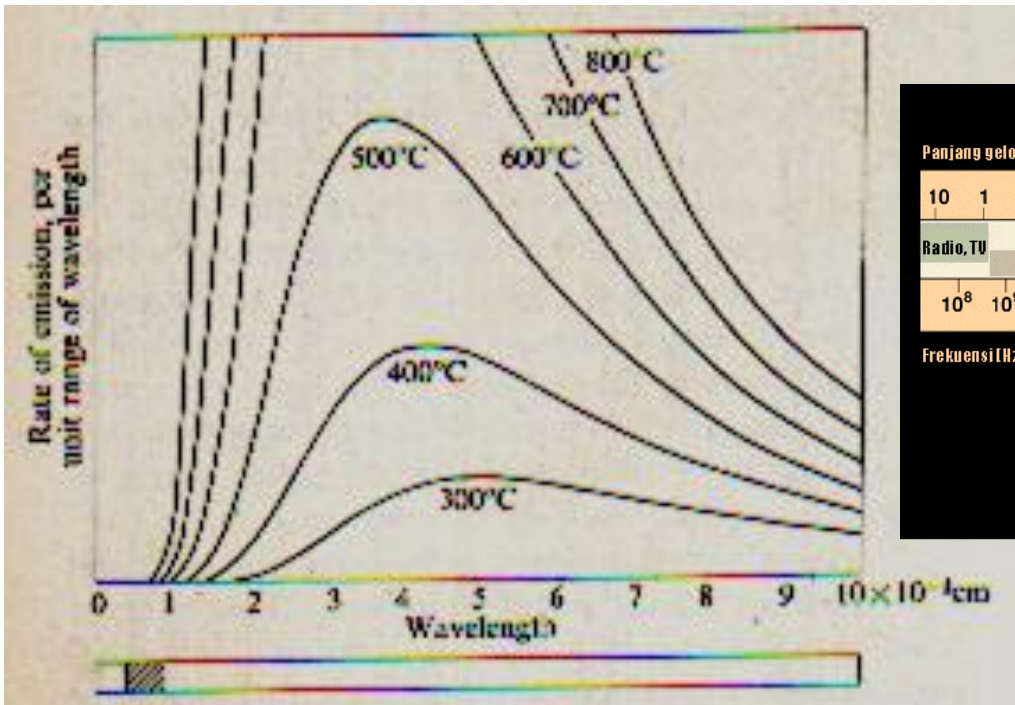
PERPINDAHAN PANAS RADIASI

Radiasi berhubungan dengan emisi energi dari suatu permukaan benda secara terus menerus. Energi tersebut dinamakan energi radian yang merupakan bentuk dari energi gelombang magnetik.

Energi radian yang diemisikan (dipancarkan) oleh suatu permukaan tergantung pada sifat permukaan dan temperaturnya.



PERPINDAHAN PANAS RADIASI



Spektrum panjang gelombang

Pada temperatur 300°C , radiasi terkuat dihasilkan oleh gelombang dengan panjang gelombang $5 \times 10^{-4}\text{ cm}$, untuk panjang gelombang yang lebih besar atau lebih kecil dari harga tersebut energi radiannya menurun.



PERPINDAHAN PANAS RADIASI

Distribusi energi pada temperatur yang lebih tinggi, diberikan oleh gelombang dengan panjang gelombang yang lebih pendek.

Eksperimen pengukuran kelajuan emisi energi radian dari suatu permukaan benda telah dilakukan oleh John Tyndall (1820-1893), dan berdasar pada hasil eksperimen tersebut, Josef Stefan (1835-1893), pada tahun 1879 menyimpulkan bahwa laju emisi tersebut dapat dinyatakan oleh hubungan, yang disebut sebagai Hukum Stefan.

$$R = e \sigma T^4$$

dengan : R = emitansi radian (erg/cm^2 , watt/m^2)

$$\sigma = 5,6699 \times 10^{-5} \text{ (cgs)} = 5,6699 \times 10^{-8} \text{ (mks)}$$

T = suhu mutlak (K)

e = daya pancar permukaan, $0 < e < 1$, tergantung pada kekasaran permukaan.



PERPINDAHAN PANAS RADIASI

Jika benda yang mempunyai emisivitas e , betemperatur T_1 dan sekitarnya terdapat dinding bertemperatur T_2 ($T_1 > T_2$) yang mengelilinginya, maka kerugian atau keuntungan neto energinya persatuan luas :

$$R_{\text{neto}} = R_1 - R_2 = e \sigma T_1^4 - e \sigma T_2^4 = e \sigma (T_1^4 - T_2^4).$$

Jika $T_1 > T_2$, maka benda memancarkan energi sedangkan dinding menyerap energi, dan sebaliknya.



Contoh Soal :

Sebuah bola berjari-jari 10 cm, bertemperatur 1000 K, permukaannya mempunyai emisivitas 0,75. Bola tersebut berada di dalam ruang bertemperatur 300 K. Berapa energi radian yang harus diberikan tiap satuan luas agar bola temperaturnya tetap 1000 K.

Penyelesaian :

$$\begin{aligned}R_{\text{neto}} &= e \sigma (T_1^4 - T_2^4) \\ &= 0,75 \times 5,67 \times 10^{-8} [(1000)^4 - (300)^4] \\ &= 42,180 \times 10^3 \text{ watt/m}^2\end{aligned}$$



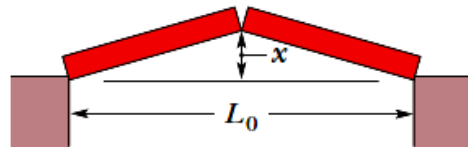
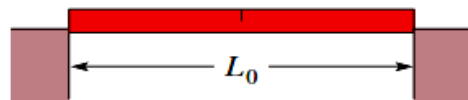
RINGKASAN

- Temperatur atau suhu menentukan besar kecil ukuran panas suatu benda secara relatif.
- zat pada umumnya akan mengalami perubahan dimensi (panjang, luas, volume) bila zat tersebut mengalami perubahan temperatur.
- Jumlah panas yang diperlukan untuk menaikkan temperatur suatu benda dibagi dengan besar perubahan temperatur yang dicapai disebut kapasitas panas.
- Panas dapat berpindah dengan tiga cara, yaitu Perpindahan panas konduksi, Perpindahan panas koveksi, dan Perpindahan panas radiasi



SOAL LATIHAN

1. Pada suhu berapa dalam skala Fahrenheit terbaca sama dengan a) dua kali skala Celsius, b) setengah skala Celsius.P
2. ada suhu 20°C , sebuah kubus bahan kuningan panjangnya 30 cm. Berapa kenaikan luas permukaan kubus bila dipanaskan dari 20°C menjadi 75°C ?
3. Berapa massa uap yang bersuhu 100°C harus ditambahkan pada 150 g es pada titik lelehnya , di dalam kontainer yang terisolasi , untuk menghasilkan air bersuhu 50°C .
4. Karena kenaikan suhu sebesar 32°C , sebuah batang mengalami patah pada tengah-tengahnya (seperti terlihat pada gambar) jika panjang jarak tetapnya adalah $L_0 = 3.77\text{ m}$ dan koefisien muai panjang batang adalah $25 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$, tentukan kenaikan posisi x pada tengah batang.



**SEKIAN
&
TERIMAKASIH**

